Алгоритмизация на отказовия анализ на комбинационни схеми чрез логически модели

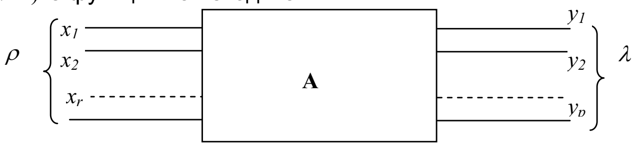
Мария Христова

Algorithms of fault analysis of combinative schemes with logical models: *The subject of the paper are the combinative schemes (automation without memory), which are the part of the latest ensure systems. The paper continues the previous publication with logical method of fault analysis, when the mistakes are constant values 0 and 1. The purpose is the achievement of practical use for solving problems with applied tasks.*
Keywords: *information model, automat, logical model, rejection, failure.*

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Една комбинационна схема може да се изобрази като автомат без памет **А** (фиг.1), зададен с тройния вектор $\langle P, \Psi, \Lambda \rangle$, където:

- $P = \{\rho_1, \rho_2 ... \rho_m\}$ е крайно множество от входните набори (вектори) $\rho_i(x_1, x_2 ... x_r)$ $i = \overline{1, m}$;
- $\Lambda = \{\lambda_1, \lambda_2, ... \lambda_l\}$ е крайно множество от изходните набори $\lambda_j(y_1, y_2 ... y_p)$ $j = \overline{1, l}$;
- $\Psi(P \to \Lambda)$ е функция на изходите.



фиг.1 Входно и изходно пространство на комбинационен автомат

Изправният автомат **А** реализира изображението $\Psi : P \to \Lambda$. Функцията Ψ има вида

$$\Psi = \begin{vmatrix} y_1 = f_1(x_1, x_2 ... x_r) \\ y_2 = f_2(x_1, x_2 ... x_r) \\ .... \\ y_p = f_p(x_1, x_2 ... x_r) \end{vmatrix}, \text{ където } f_1, f_1 ... f_p \text{ са булеви функции.} \qquad (1)$$

В логическите схеми неизправностите също са логически и се свеждат до «късо съединение» и «прекъсване» (const. “1” и const. “0”). Ако между две точки има електрическа връзка, поради неизправност от типа «прекъсване», тя може се наруши. Когато няма връзка, поради неизправност от типа «късо съединение», тя може да се създаде. За де се представят тези отказови събития се въвежда логическа променлива на неизправностите z_i :

$$z_i = \begin{cases} z_i = 0, \text{ когато няма отказ;} \\ z_i = 1, \text{ когато е настъпил отказ.} \end{cases} \qquad (2)$$

Един пример за схема с функционални и отказови логически променливи е даден на фиг. 1, където $x_1, x_2 ... x_r$ са функционалните, а $z_1, z_2 ... z_R$ - отказовите променливи на неизправностите, означени на чертежа с различни символики. Автомат, в който има неизправности от вида на фиг. 1, е *дегенеровan атомат* А’.

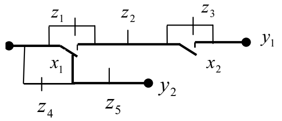
Предмет на внимание по-долу са дегенерованите автомати, по-специално, множеството от техните отказови вектори $\{Z\} = z_1, z_2 ... z_R$, при които автоматът излиза от работоспособност. Идеята, публикувана в авторската работа [1], се свежда до единен (общ) формализиран А-А' логически модел:

$$\Psi' = \begin{vmatrix} y_1' = f_1(z_1, z_2 \ldots z_R; x_1, x_2 \ldots x_r) \\ y_2' = f_2(z_1, z_2 \ldots z_R; x_1, x_2 \ldots x_r) \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ y_p' = f_p(z_1, z_2 \ldots z_R; x_1, x_2 \ldots x_r) \end{vmatrix} \quad (3)$$

от който може да произлезе:

- както функционалния А модел (при липса на неизправности $z_i = 0$, $i = \overline{1, R}$;
- така и частни отказови модели А' за зададен входен набор $\rho_i(x_1, x_2 \ldots x_r)$,

когато е настъпил отказ, т.е. има поне една логическа неизправност $z_i = 1$.



Фиг.1 Пример за комбинационна схема с определени и означени логически неизправности

Този функционално-отказов модел може да послужи като база за точен надеждностен анализ, който задължително се извършва в осигурителната техника. В резултат се намират всички комбинации от логически неизправности, при които автоматът става неработоспособен и/или опасен за работа. Впоследствие чрез логико-вероятностен преход могат да бъдат намерени показателите за надеждност, в частност – вероятността за отказ.

Целта на настоящата работа е да даде принос в *автоматизирането и олекотяване на отказовия анализ и неговото по-широко практическо използване чрез алгоритмизиране и програмиране.*

Подобни задачи са решавани в [2], но те не разглеждат повече от една логическа неизправност.

2. АНАЛИЗ НА ОТКАЗИТЕ В КОМБИНАЦИОННАТА СХЕМА

От функционалния модел (1) на зададена комбинационна схема за всеки функционален входен набор $\rho_i(x_1, x_2 \ldots x_r)$ може да се намери съответния изходен набор $\lambda_j(y_1, y_2 \ldots y_p)$. Достатъчно е в модела да се заместят стойностите (0 или 1) на елементарните логически променливи $x_1, x_2 \ldots x_r$ и се изчислят логическите стойности $y_1, y_2 \ldots y_p$. Нека при зададен входен набор $\rho_i(x_1, x_2 \ldots x_r)$ има някаква неизправност ($z_i = 1$). Векторът на отказовите логически променливи $z_1, z_2 \ldots z_R$ придобива вида $\langle 0, 0, \ldots 1, \ldots 0 \rangle$. Като се заместят $z_1, z_2 \ldots z_R$ в (3) с $\langle 0, 0, \ldots 1, \ldots 0 \rangle$, се определя отказов изходен набор $\lambda_j'(y_1', y_2' \ldots y_p')$, валиден за $\rho_i(x_1, x_2 \ldots x_r)$.

Задачата на анализа се свежда до намиране на такива съчетания $z_1, z_2 \ldots z_R$ от логически стойности, при които отказът се изявява. А това значи да има поне едно различие на елементарните функционални изходи $y_1, y_2 \ldots y_p$ от предписаните по уравнение (1). Т.е., за да се наруши работоспособността на схемата, трябва поне един изход да е нефункционален $y_i' = \overline{y_i}$. Ако всички уравнения на отказовия модел Ψ' на дегенерования автомат А' (3) се приравнят на логическа стойност $y_i' = \overline{y_i}$, $i = \overline{1, p}$, инверсна на своята функционална стойност по (1), могат да се намерят всички съчетания от логически неизправности, които откриват отказ. Намират се съчетанията (векторите) от стойности на логическите неизправности $z_1, z_2 \ldots z_R$

($z_i = 1$ – при настъпила неизправност и $z_i = 0$ – при отсъствие на неизправност), за които на елементарните изходи y_j се получава стойност, обратна на функционалната при входния набор ρ_i. За целта за зададения входен набор $\rho_i(x_1, x_2 ... x_r)$ $i = \overline{1,m}$, трябва да се реши системата от критериални отказови логически уравнения (4) :

$$\begin{vmatrix} f_1(z_1, z_2 ... z_{R\,r}) = \overline{y_1} \\ f_2(z_1, z_2 ... z_R) = \overline{y_2} \\ .... \;\; .... \\ f_p(z_1, z_2 ... z_{R\,r}) = \overline{y_p} \end{vmatrix}$$

(4) Възможно е част от стойностите на отказовите логически променливи да нямат отношение към изявата на отказа. Затова, освен 1 и 0, пълното решение съдържа вектора от логически неизправности в последователно нарастващ номер и онези $z_1, z_2 ... z_R$, чиито стойности не влияят на решението на съответното логическо уравнение. Едно възможно решение има например вида $01z_3 0010z_8$, което означава, че за дадения входен набор отказът се изявява независимо от трета и осмата неизправности, ако са възникнали едновременно втората и шестата неизправност, а първата, четвъртата, петата и седмата не са станали.

3. АЛГОРИТЪМ ЗА ОТКРИВАНЕ НА ОТКАЗИТЕ

Блок схемата на алгоритъма за откриване на отказ е показана на фиг. 2а

1^0. Задава се комбинационната схема, подлежаща на анализ.

2^0. Анализират се допустимите неизправности и се изобразяват на схемата. Поради естеството на специалните елементи, използвани в осигурителната техника голяма част от неизправностите са недопустими (приети за невъзможни). Това обстоятелство е важно, защото опростява решенията на задачата и относително сложни схеми стават достъпни за отказов анализ.

3^0. Написва се функционално-отказовият логически модел ФОЛМ (3).

Например за схемата на фиг.1 $\begin{vmatrix} y_1' = (x_1 \vee z_1)\overline{z_2}(x_2 \vee z_3) \\ y_2' = (\overline{x_1} \vee z_4)\overline{z_5} \end{vmatrix}$

4^0. Задава се входен набор $\rho_1(x_1, x_2 ... x_r)$

За фиг.1 функционалните променливи са две x_1, x_2, а входното пространство има $m = 4$ вектора: $P = \{\rho_1, \rho_2 ... \rho_m\}$ = 00, 01, 10, 11.

5^0. По (1) или по (3) при $z_1 = z_2 = z_3 = 0$, което е едно и също, се определя функционалния изходен вектор.

Функцията Ψ на изправния автомат (1) има вида: $\Psi = \begin{vmatrix} y_1 = x_1 x_2 \\ y_2 = \overline{x_1} \end{vmatrix}$

Например, за набор 01: $x_1 = 0$, $x_2 = 1$ $\Rightarrow$ $y_1 = 0$, $y_2 = 1$

6^0. Определя се отказовият логически модел ОЛМ (3) и се записват критериалните отказови логически уравнения (4) за зададения набор;

Например за набор 01 в разглежданата схема:

(3) $\Psi' = \begin{vmatrix} y_1' = z_1 \overline{z_2} \\ y_2' = \overline{z_5} \end{vmatrix}$ $\quad y_1' = \overline{y_1} = 1; \quad y_2' = \overline{y_2} = 0$ $\quad$ (4) $\begin{vmatrix} z_1 \overline{z_2} = 1 \\ \overline{z_5} = 0 \end{vmatrix}$

7^0. Търсят се комбинации от стойности на логическите променливи $z_1, z_2 ... z_R$, за които се удовлетворяват критериалните уравнения (4). Всяка съвкупност от логически стойности $\alpha_1, \alpha_2 ... \alpha_R$ ($\alpha_i = \{1,0\}$), която удовлетворява дадено логическо уравнение, е част от цялото решение на задачата. За разглеждания пример решението на първото уравнение е $\alpha_1, \alpha_2 ... \alpha_R = 1,0, z_3, z_4, z_5$, т.е., когато залепнат контактите на x_1, без значение дали са станали z_3, z_4, z_5 отказ ще се изяви, ако няма прекъсване на веригата на y_1.

8⁰. Променя се индексът i на y_i като му се придава следващата стойност от интервала $i = \overline{1,p}$. Преминава се към поредното критериално уравнение. Повтаря се решението по т.7. Процедурата продължава докато се решават всички уравнения.

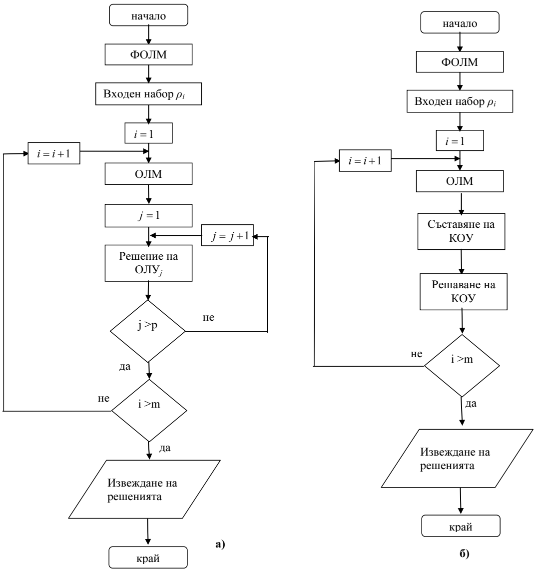
Решението на второто уравнение в примера е $z_1 z_2 z_3 z_4 1$, т.е. отказ се открива, ако е прекъсната веригата на y_2, без значение какви са другите неизправности.

Резултатите се записват в таблица на решенията за този входен набор.

9^0. Задава се следващ входен набор $\rho_i(x_1, x_2 ... x_r)$ и се повтарят стъпки 5, 6, 7 и 8, докато се изчерпят всички входни набори.

10^0. В таблицата на решенията се съставят списъци от всички съчетания z_1, $z_2 ... z_R$, за които са удовлетворени всички критериални уравнения за всички набори.

Блок-схемата на алгоритъма за отказов анализ е дадена на фиг. 2,а. Формата, в която се представят решенията, има вида, представен в таблица 1 (за примера). Когато схемата е сложна, броят на отказовите логически променливи е голям. Анализът се комплицира и става недостъпен по визуален път, затова алгоритъмът се програмира.



фиг. 2 Блок схема на алгоритъма за отказов анализ

В ограничения обем на настоящата статия ще бъде разгледана накратко една идея за значително опростяване на решенията по т. 7^0 на предложения по-горе вербален алгоритъм. Тя се състои в следното.

4. ЕДНА ИДЕЯ ЗА ОПРОСТЯВАНЕ НА РЕШЕНИЯТА

Вместо да се търсят решения на всяко от логическите уравнения по вътрешния цикъл на алгоритъма (фиг.1,а), всички те могат да бъдат сведени до едно единствено критериално отказово уравнение (КОУ), а то да даде всички решения за даден входен набор. КОУ се построява по следния начин: вземат се дизюнкции от всички отказови уравнения (4) при даден входен набор, като тези от тях, които са били приравнени на нула се инвертират, а ако е целесъобразно се преработват по Де Морган. Уравнението се приравнява на единица. Инвертирането няма да промени търсените решения на едно уравнение, но позволява всички уравнения да се превърнат в единици и чрез дизюнкцията им да се сведат до едно уравнение.

$$\text{КОУ} \Rightarrow y_1''y_2''...y_p'' = 1, \quad \text{където } y_i'' = \begin{Bmatrix} y_i' \text{ при } y_i' = 1 \\ \overline{y_i'} \text{ при } y_i' = 0 \end{Bmatrix}$$

Например, ако при дадения ρ_i (1) функционалната стойност на изход $y_i = 1$, то критериалната по (4) е $\overline{y_i} = 0$, в КОУ на съответната позиция се появява инвертирана компонента $\overline{f_i(z_1, z_2...z_R)}$.

Да разгледаме приложението на идеята за разглеждания пример (Таблица 1):

Таблица 1

Входен набор	Изходен набор	КОУ	Решения	
			1.	2.
ρ_1 = 00	λ_1 = 01	$z_1, \overline{z_2}, z_3 \vee z_5$ = 1	$1,0,1, z_4, z_5$	$z_1, z_2, z_3, z_4, 1$
ρ_2 = 01	λ = 01	$z_1 \overline{z_2} \vee z_5$ =1	$1,0, z_3, z_4, z_5$	$z_1, z_2, z_3, z_4, 1$
ρ_3 = 10	λ_3 = 00	$\overline{z_2}, z_3 \vee z_4 \overline{z_5}$ =1	$z_1, 0,1, z_4, z_5$	$z_1, z_2, z_3, 1,0$
ρ_4 = 11	λ_4 = 10	$\overline{z_2} \vee z_4 \overline{z_5}$ =1	$z_1, 0,1, z_4, z_5$	$z_1, z_2, z_3, 1,0$

При реализация на тази идея на фиг 2а настъпва промяна, която опростява алгоритъма, както е показано на фиг. 2,б.

6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Предложен е алгоритъм за отказов анализ на комбинационни схеми чрез логически модел, който позволява намирането на всички съчетания от неизправности от типа «постоянна 1» и «постоянна 0».
2. Дадена е и е реализирана идея да опростено решаване на логическата задача, която се свежда до едно логическо уравнение

ЛИТЕРАТУРА

[1] M. Christova, N. Stoytcheva, Ch. Christov, Formal Method for Logical Fault Modeling of the Sibnaling Logical Combinative Schemes FORMS/FORMAT 2008, Budapest, Hungary

[2] В.В. Сапожников, ВЛ.В. Сапожников, В.И.Шаманов, Надеждность систем железнодорожной автоматики, телемеханики и связи, Маршрут 2003, Русия

За контакти:

Мария Петкова Христова, ВТУ «Т. Каблешков» катедра «Математика и информатика», 9709301 mhristova@vtu.bg

Докладът е рецензиран.